

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP04/013813

International filing date: 04 December 2004 (04.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE  
Number: 10 2004 003 456.7  
Filing date: 22 January 2004 (22.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 28 February 2005 (28.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 10 2004 003 456.7

**Anmeldetag:** 22. Januar 2004

**Anmelder/Inhaber:** EISENMANN Maschinenbau GmbH & Co KG,  
71032 Böblingen/DE

(vormals: EISENMANN Maschinenbau KG  
(Komplementär: Eisenmann-Stiftung),  
71032 Böblingen/DE)

**Bezeichnung:** Verfahren und Anlage zur Bestimmung der Dicke  
einer Lackschicht

**IPC:** G 01 B, G 01 N, G 01 R

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 31. Januar 2005  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Stanschus

PATENTANWÄLTE

DR. ULRICH OSTERTAG

DR. REINHARD OSTERTAG

EIBENWEG 10 D-70597 STUTTGART

TEL. +49-711-766845

FAX +49-711-7655701

Verfahren und Anlage zur Bestimmung  
der Dicke einer Lackschicht

Anmelder: Eisenmann Maschinenbau KG  
(Komplementär: Eisenmann-Stiftung)  
Tübinger Str. 81

71032 Böblingen

Anwaltsakte: 9074.4

AUN.284-177

Verfahren und Anlage zur Bestimmung  
der Dicke einer Lackschicht

05

=====

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung  
der Dicke einer Lackschicht, die durch elektrophore-  
tische Tauchlackierung auf einen Gegenstand aufgebracht  
10 wird, wobei der Gegenstand zur Tauchlackierung in ein Lack-  
flüssigkeit enthaltendes Lacktauchbecken eingetaucht  
und als Elektrode mit mindestens einer Gegenelektrode  
ein elektrisches Feld erzeugt. Die Erfindung betrifft  
ferner eine Anlage zur Bestimmung der Dicke einer Lack-  
15 schicht, die durch elektrophoretische Tauchlackierung auf  
einen Gegenstand aufgebracht ist, umfassend ein Lacktauch-  
becken zur Aufnahme einer Lackflüssigkeit, in die der  
Gegenstand eingetaucht werden kann, eine Spannungsquelle,  
deren einer Pol mit dem Gegenstand verbindbar ist und  
20 deren anderer Pol mit mindestens einer in das Lackbecken  
reichenden Gegenelektrode verbunden ist.

Ein Verfahren sowie eine Anlage der genannten Art sind  
allgemein im Stand der Technik bekannt.

25

Bei der Lackierung von Gegenständen ist es im allgemei-  
nen wichtig, daß die aufgebrachte Lackschicht möglichst  
genau die vorgegebene Solldicke aufweist. Weicht die  
tatsächliche Dicke zu sehr von der Solldicke ab, so  
30 beeinträchtigt dies üblicherweise die Qualität der Lak-  
kierung, beispielsweise die Beständigkeit oder die Farb-  
wirkung. Zu dick aufgetragene Lackschichten führen darüber  
hinaus zu einem unnötig hohen Lackverbrauch, was unter  
Kosten- und Umweltgesichtspunkten zu vermeiden ist.

35

Bei der elektrophoretischen Lackierung von Gegenständen in Tauchbädern ist es im allgemeinen nicht möglich, allein durch genaue Einhaltung vorgegebener Prozeßbedingungen über einen längeren Zeitraum hinweg eine

05 Einhaltung der Solldicke der Lackschichten zu gewährleisten. So können sich beispielsweise die Eigenschaften der Lackflüssigkeit im Laufe der Zeit verändern. Zu Schwierigkeiten führt häufig auch die Kontaktierung des Gegenstandes mit der Spannungsquelle. Ein Wackelkontakt

10 im Bereich der Kontaktierungsflächen schlägt sich unmittelbar in einer verringerten Schichtdicke nieder..

Bislang wird zur Qualitätskontrolle die Dicke elektrophoretisch aufgebracht Lackschichten im allgemeinen nach

15 der Austrocknung manuell, beispielsweise mit Hilfe eines Meßmikroskops oder eines kapazitiven Meßgeräts bestimmt. Wird dabei festgestellt, daß die Dicke der aufgetragenen Lackschicht über die Toleranzgrenzen hinaus von der Solldicke abweicht, können die hierfür ursächlichen Fehler

20 gesucht und ggf. behoben werden. Eine Nachlackierung ist jedoch im Falle zu dünner Lackschichten allenfalls nach Entfernung der getrockneten Lackschicht möglich. Die zu dünn oder dick lackierten Gegenstände erhöhen als Ausschuß die Produktionskosten nicht unerheblich.

25 Deswegen ist bereits vorgeschlagen worden, die Dicke der Lackschicht nicht erst nach der Trocknung, sondern unmittelbar nach dem Auftauchen aus dem Lacktauchbecken zu bestimmen. Da der Lack zu diesem Zeitpunkt

30 noch nicht ausgehärtet ist, ist ggf. noch eine Nachlackierung durch erneutes Eintauchen in das Lacktauchbecken möglich. Die hierfür erforderlichen Meßeinrichtungen sind allerdings sehr teuer und führen zu einem Zeitverlust und u. U. auch zu einem Qualitätsverlust,

35 falls die Naßlackierung beschädigt wird.

Aufgabe der Erfindung ist es deswegen, die bekannten Verfahren und Anlagen zur Bestimmung der Dicke einer elektrophoretisch aufgetragenen Lackschicht derart zu verbessern, daß mit geringem Aufwand der Ausschuß durch zu dick oder zu dünn lackierte Gegenstände verringert wird.

Bei einem Verfahren der eingangs genannten Art wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß die durch den Gegenstand während der Tauchlackierung fließende elektrische Ladung sowie die der Lackflüssigkeit ausgesetzte Oberfläche des Gegenstands ermittelt und daraus die Dicke der Lackschicht bestimmt wird.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß trotz der relativ komplexen Vorgänge im Tauchbad während der elektrophoretischen Tauchlackierung die Dicke einer aufgetragenen Lackschicht zumindest in erster Näherung proportional zur während der Tauchlackierung fließenden elektrischen Ladung und annähernd umgekehrt proportional zur Größe der Gesamtoberfläche des zu lackierenden Gegenstandes ist. Beide Größen, d. h. die insgesamt fließende elektrische Ladung und die Größe der Oberfläche des zu beschichtenden Gegenstandes, lassen sich auf einfache Weise ermitteln. Damit erlaubt es die Erfindung, die Schichtdicke berührungsfrei praktisch noch während der Tauchlackierung zu bestimmen. Dies wiederum ermöglicht es, bei zu dünner Lackierung den Gegenstand noch nachzulackieren. Der Ausschuß bei der Lackierung wird auf diese Weise beträchtlich verringert. Darüber hinaus kann auch die Endkontrolle bei der Lackierung entfallen, da jeder einzelne Lackierungsschritt direkt vor Ort daraufhin überprüft werden kann, ob die Dicken der Lackschichten noch innerhalb der vorgegebenen Toleranzen

liegen.

Bezüglich der Anlage wird die o. g. Aufgabe bei einer Anlage der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß  
05 die Anlage Mittel zur Bestimmung der durch den Gegenstand während der Tauchlackierung fließenden elektrischen Ladung sowie einen Rechner umfaßt, der aus der Ladung und der der Lackflüssigkeit ausgesetzten Oberfläche des Gegenstands die Dicke der Lackschicht be-  
10 stimmt.

Die Vorteile der erfindungsgemäßen Anlagen stimmen sinn-  
gemäß mit den oben geschilderten Vorteilen des erfindungsgemäßen Verfahrens überein.

15

Um die elektrische Ladung, die während der Tauchlackierung durch den Gegenstand fließt, zu bestimmen, ist es am einfachsten, den während der Tauchlackierung durch den Gegenstand fließenden elektrischen Strom zu messen.

20 Die Ladung ergibt sich dann durch Integration der elektrischen Stromstärke über die Zeit.

Die Oberfläche des Gegenstands läßt sich in vielen Fällen aus den Konstruktionsdaten berechnen. Falls eine derartige  
25 Berechnung jedoch schwierig ist, wie dies beispielsweise bei stark zerklüfteten Kraftfahrzeug-Karosserien der Fall sein kann, so kann auch der maximale Einschaltstrom, der zu Beginn der Tauchlackierung durch den Gegenstand fließt, als Maß für die Oberfläche des Gegenstands an-  
30 gesetzt werden. Je größer nämlich diese Oberfläche ist, desto größer ist auch der Einschaltstrom, der durch den Gegenstand fließt. Die Messung des Einschaltstroms zu Beginn der Tauchlackierung ist deswegen vorteilhaft, weil sich auf diese Weise die Messungen für unterschiedliche  
35 Gegenstände gut vergleichen lassen. Würde die Stromstärke

zu einem späteren Zeitpunkt als Maß für die Oberfläche  
des Gegenstandes herangezogen, so ergäbe sich das Problem,  
daß dann die Gegenstände bereits unterschiedlich dick  
beschichtet und somit unterschiedlich isolierend wären  
05 und der fließende Strom somit kein eindeutiges Maß mehr  
für die Oberfläche des Gegenstandes darstellt.

Um zwischen der gemessenen Ladung und der Oberfläche  
des Gegenstands einerseits und der zu ermittelnden Schicht-  
10 dicke andererseits einen quantitativen Zusammenhang her-  
zustellen, kann die Anlage zunächst kalibriert werden,  
indem mehrere Gegenstände mit unterschiedlichen Oberflächen  
über unterschiedliche Zeitdauern hinweg beschichtet werden.  
Die dabei aufgenommenen Meßwerte werden dann in Relation zu  
15 manuell bestimmten Schichtdicken der Gegenstände gesetzt.

Es ist jedoch auch möglich, ein quantitatives Modell zur  
Berechnung der Schichtdicken aufzustellen. Wie Unter-  
suchungen gezeigt haben, kann die Meßgenauigkeit der  
20 Schichtdickenmessung verbessert werden, wenn neben der  
Ladung und der Größe der zu beschichtenden Oberfläche  
noch weitere Prozeßparameter berücksichtigt werden.  
Bei diesen Prozeßparametern handelt es sich insbesonde-  
re um die Temperatur, den pH-Wert, die elektrische Leit-  
25 fähigkeit, den Festkörpergehalt sowie die Dichte der  
Lackflüssigkeit. Diese Parameter beeinflussen die Be-  
weglichkeit der Lackpigmente im elektrisch geladenen  
Feld und die Konzentration anderer geladener Teilchen,  
die zum Stromfluß, nicht aber zur Beschichtung beitra-  
30 gen.

Falls die Oberfläche des Gegenstandes bereits bekannt  
ist, so kann die zwischen der Elektrode und der minde-  
stens einen Gegenelektrode anliegende Spannung derart  
35 geregelt werden, daß die Einschaltstromdichte bei Be-



- ginn der Tauchlackierung einen vorgegebenen, vorzugsweise von den Lackparametern abhängenden Wert hat. Es hat sich nämlich gezeigt, daß sich besonders gute Beschichtungsergebnisse erzielen lassen, wenn die für die
- 05 Beschichtungswirkung maßgebliche Größe, nämlich die Stromdichte, zu Beginn der Tauchlackierung einen Wert hat, der optimal an die Eigenschaften der Lackflüssigkeit angepasst ist.
- 10 Das vorstehend beschriebene Verfahren kann nicht nur zur eigentlichen Bestimmung der Schichtdicke, sondern auch im Rahmen einer Steuerung der elektrophoretischen Tauchlackierung eingesetzt werden. Die Steuerung kann beispielsweise so ausgelegt sein, daß die Tauchlackierung
- 15 rung beendet wird, sobald die bestimmte Schichtdicke einen vorgebbaren Sollwert erreicht hat. Hierbei wird die Tatsache ausgenutzt, daß bereits während der Tauchlackierung Informationen zur Schichtdicke durch die Messung der bis zu einem bestimmten Zeitpunkt geflossenen
- 20 Ladung zur Verfügung stehen. Das Anwachsen der Schichtdicke während der Tauchlackierung kann auf diese Weise kontinuierlich verfolgt und unterbrochen werden, sobald die gewünschte Schichtdicke erreicht ist.
- 25 Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnung. Darin zeigen:
- Figur 1 eine Prinzipskizze einer erfindungsgemäßen
- 30 Anlage zur Bestimmung der Schichtdicke;
- Figur 2 einen Graphen, in dem für mehrere Gegenstände der während der Tauchlackierung fließende Strom über der Zeit aufgetragen ist.

In der Figur 1 ist eine Anlage zur Bestimmung der Dicke einer kataphoretisch aufgetragenen Lackschicht schematisch dargestellt und insgesamt mit 10 bezeichnet. Die Anlage 10 umfaßt ein geerdetes Lacktauchbecken 12, in das eine Lackflüssigkeit 14 eingefüllt ist. Die Lackflüssigkeit 14 enthält Bindemittel und Pigmente, welche die eigentlichen Bestandteile der späteren Lackschicht darstellen. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist angenommen, daß sowohl die Bindemittel als auch die Pigmente elektrisch positiv geladen sind. Es gibt jedoch auch Lackflüssigkeiten 14, bei denen nur die Bindemittelteilchen, nicht aber die Pigmente selbst elektrisch geladen sind. Die Lackflüssigkeit 14 enthält außerdem ein Lösungsmittel, dessen Ionenkonzentration über den pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit der Lackflüssigkeit 14 erfaßt werden kann.

In dem Lacktauchbecken 12 sind zwei Anodenbleche 16, 18 angeordnet, die mit dem Pluspol 20 einer Beschichtungsstromquelle 22 verbunden sind. Ein Minuspol 24 der Beschichtungsstromquelle 22 ist über eine Leitung 26 mit einem zu lackierenden Gegenstand verbunden, bei dem es sich in dem dargestellten Ausführungsbeispiel um eine Fahrzeugkarosserie 28 handelt. Die Fahrzeugkarosserie 28 ist an einem mit 30 angedeuteten Fördersystem 30 aufgehängt, das Teil eines übergeordneten Transportsystems einer Lackierstraße ist. Das Fördersystem 30 ermöglicht es, die Fahrzeugkarosserie 28 in das Lacktauchbecken 12 einzutauchen und nach Beendigung der Tauchlackierung wieder daraus anzuheben.

In Abwandlung können die Anodenbleche 16, 18 auch im Inneren von Dialysegehäusen angeordnet sein.

Die insoweit bekannte Anlage 10 umfaßt ferner einen

Strommesser 32, mit dem der durch die Fahrzeugkarosserie 28 während der Tauchlackierung fließende Strom gemessen werden kann. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Strommesser 32 in der Leitung 26 angeordnet, welche die Beschichtungsstromquelle 22 mit der Fahrzeugkarosserie 28 verbindet. Der Strommesser 32 kann natürlich ebenso auch an anderer Stelle innerhalb des Stromkreises oder innerhalb der Beschichtungsstromquelle 22 angeordnet sein. Der Strommesser 32 ist über eine Datenleitung L1 mit einem Rechner 34 verbunden, in dem die gemessene Stromstärke über der Zeit erfaßt werden kann.

Die Anlage 10 weist außerdem einen Spannungsmesser 36 auf, der die elektrische Spannung zwischen dem Pluspol 20 und dem Minuspol 24 mißt. Über eine Datenleitung L2 ist der Spannungsmesser 36 ebenfalls mit dem Rechner 34 verbunden.

In dem Lacktauchbecken 12 sind außerdem mehrere Sensoren, nämlich ein Temperatursensor 38, ein pH-Wert-Sensor 40 sowie ein Leitfähigkeitssensor 42 angeordnet, welche die entsprechenden Größen meßtechnisch erfassen und über Datenleitungen L3, L4 bzw. L5 an den Rechner 34 übermitteln.

Die Funktion der Anlage 10 wird im folgenden mit Bezug auf die Figur 2 erläutert.

Die Figur 2 zeigt einen Graphen, in dem für drei nacheinander beschichtete Gegenstände die von dem Strommesser 32 gemessene Stromstärke  $J$  in Abhängigkeit von der Zeit aufgetragen ist.

Nach dem Eintauchen der Fahrzeugkarosserie 28 in die

Lackflüssigkeit 14 wird die Beschichtungsstromquelle 22 eingeschaltet. Die Beschichtungsstromquelle 22 erzeugt dabei eine Gleichspannung, die in der Größenordnung von einigen Hundert Volt liegt. Das Anlegen dieser Spannung an die Anodenbleche 16, 18 und an die eine Kathode bildende Fahrzeugkarosserie 28 führt zur Ausbildung eines elektrischen Feldes innerhalb der Lackflüssigkeit 14, dessen Stärke insbesondere von der Spannung und dem Abstand zwischen den Anodenblechen 16, 18 einerseits und der Fahrzeugkarosserie 28 andererseits abhängt. Da die in der Lackflüssigkeit enthaltenen Pigmente und Bindemittelteilchen elektrisch positiv geladen sind, erzeugt das herrschende elektrische Feld elektrokinetische Kräfte, die zu einer Ablagerung der Pigmente und der Bindemittelteilchen auf der Fahrzeugkarosserie 28 führen.

Da beim Einschalten der Beschichtungsstromquelle 22 zum Zeitpunkt  $t_0$  die Fahrzeugkarosserie 28 noch unbeschichtet ist, fließt zunächst ein hoher Einschaltstrom, dessen Maximalwert  $J_{\max}$  ein Maß für die gesamte zu lackierende Fläche der Fahrzeugkarosserie 28 ist. Der quantitative Zusammenhang zwischen dem maximalen Einschaltstrom  $J_{\max}$  und der Fläche der Fahrzeugkarosserie 28 wird dabei vorzugsweise durch Kalibrierung bestimmt. Durch die kataphoretische Beschichtung der Fahrzeugkarosserie 28 mit den Pigmenten und den Bindemittelteilchen wird die Fahrzeugkarosserie 28 zunehmend elektrisch isoliert, wodurch die von dem Strommesser 32 gemessene Stromstärke bald rasch wieder abfällt (vgl. Stromkurve 43 in Figur 2). Eine übergeordnete Steuerung schaltet die Beschichtungsstromquelle 22 nach einer Zeitspanne  $t_1 - t_0$  soweit ab, daß nur noch ein geringer Reststrom fließt, der ein Ablösen der Lackschicht von dem Gegenstand verhindert, die Schichtdicke aber nicht mehr erhöht. Die Fahrzeugkarosserie 28 kann am Ende der Taktzeit T

mit Hilfe des Fördersystems 30 aus dem Lacktauchbecken 12 angehoben und z. B. einer nachfolgenden Spülstation zugeführt werden.

- 05 Zur Ermittlung der Dicke der während der Tauchlackierung aufgetragenen Beschichtung integriert der Rechner 34 die von dem Strommesser 32 gemessene Stromstärke während des Zeitintervalls  $t_1 - t_0$  auf. Dieses Integral, welches in der Figur 2 als gepunktete Fläche 44 angedeutet ist, ist gleich der gesamten Ladung, die während der kataphoretischen Beschichtung durch die Fahrzeugkarosserie 28 geflossen ist. Enthielte die Lackflüssigkeit 14 neben den positiv geladenen Pigmenten und Bindemittelteilchen keine weiteren elektrisch geladenen Teilchen, so entspräche 15 die durch die Fläche 44 angedeutete Gesamtladung exakt der Menge an Pigmenten und Bindemittelteilchen, die sich auf der Fahrzeugkarosserie 28 niedergeschlagen haben. Tatsächlich enthält die Lackflüssigkeit allerdings auch noch andere geladene Teilchen. Wenn jedoch sichergestellt 20 werden kann, daß deren Konzentration und Beweglichkeit während der Tauchlackierung zumindest annähernd konstant bleibt, so besteht dennoch ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen der gemessenen Gesamtladung einerseits und der Gesamtmenge der Pigmente und Bindemittelteilchen, die 25 sich auf der Fahrzeugkarosserie 28 während der Tauchlackierung niedergeschlagen hat.

- Die Dicke der Beschichtung, die während der Tauchlackierung kataphoretisch auf die Fahrzeugkarosserie 28 aufgetragen wurde, ergibt sich dann als das Volumen der abgeschiedenen Pigmente und Bindemittelteilchen geteilt durch die Gesamtoberfläche der Fahrzeugkarosserie 28. Angenommen ist dabei natürlich, daß es nicht zu Dickenschwankungen, etwa infolge von Störungen der elektrischen Feldverteilung, 35 kommt. Die gesamte zu lackierende Fläche der Fahrzeug-

karosserie 28 wird vorab entweder auf der Grundlage der Konstruktionsdaten ermittelt und dem Rechner 34 zugeführt oder aber von letzterem mit Hilfe des oben erwähnten maximalen Einschaltstroms  $I_{\max}$ , z. B. unter Verwendung  
05 einer sog. "Look-Up-Tabelle" ermittelt, in der der Zusammenhang zwischen Einschaltstrom und Oberfläche abgelegt ist.

Da, wie oben bereits erwähnt, der Zusammenhang zwischen der gesamten durch die Fahrzeugkarosserie 28 fließenden  
10 Ladung einerseits und der Menge der sich niederschlagenden Pigmente und Bindemittelteilchen andererseits nur dann gilt, wenn die anderen geladenen Teilchen in der Lackflüssigkeit hinsichtlich der Konzentration oder Beweglichkeit keinen größeren Veränderungen unterliegen,  
15 werden die hierzu relevanten Größen von dem Temperatursensor 38, dem pH-Wert-Sensor 40 und dem Leitfähigkeits-sensor 42 ebenfalls dem Rechner 34 übermittelt. Zusätzlich kann auch noch ein Dichtesensor und ein Sensor zur Erfassung des Festkörpergehalts vorgesehen sein (nicht dargestellt); die Anbringung weiterer Sensoren ist ebenso  
20 möglich. Verändern sich die von den Sensoren erfaßten Werte signifikant während der Tauchlackierung, so kann man den Schichtdickenwert entsprechend korrigieren. Die Korrekturwerte können dabei ebenfalls einer im Wege einer  
25 Kalibrierung erstellten "Look-Up-Tabelle" entnommen oder auch unter Verwendung eines physikalischen Modells berechnet werden. In dem Modell ist hierzu die elektrokinetische Bewegung sämtlicher geladener Teilchen in der Lackflüssigkeit 14 zu simulieren.

30

Stellt der Rechner 34 fest, daß die Dicke der aufgetragenen Schicht außerhalb des zulässigen Toleranzbereichs liegt, so können unterschiedliche Maßnahmen ergriffen werden.  
Ist die Schicht beispielsweise zu dünn aufgetragen worden,  
35 den, so kann das Fördersystem 30 die Fahrzeugkarosserie

28 noch einige Zeit in dem Lacktauchbecken 12 belassen  
oder erneut eintauchen und nachbeschichten, da die Lackie-  
rung zu diesem Zeitpunkt noch nicht ausgehärtet ist. Die so  
nachbeschichtete Fahrzeugkarosserie 28 stellt auf diese  
05 Weise keinen Ausschuß dar.

Ist die gemessene Schichtdicke hingegen trotz verlängerter  
Beschichtung zu dünn, so wird die Fahrzeugkarosserie 28 im  
allgemeinen als Ausschuß anzusehen sein. Die Fahrzeug-  
10 karosserie 28 kann aber dann frühzeitig aus der Lackier-  
straße ausgesondert werden.

In beiden Fällen können außerdem sehr frühzeitig Maßnahmen  
ergriffen werden, um mögliche Ursachen für die Abweichun-  
15 gen von der Solldicke zu ermitteln, diese zu eliminieren und  
dadurch Material, Energie und Nacharbeiten zu ersparen.

Der Rechner 34 kann aber auch unmittelbar über eine Da-  
tenleitung L6 die Beschichtungsstromquelle 22 abschalten,  
20 wenn die gewünschte Soll-Schichtdicke erreicht ist. Ein  
solches Vorgehen ist insbesondere dann zweckmäßig, wenn  
beispielsweise die Kontaktierung der zu lackierenden Gegen-  
stände schwierig ist. In diesem Fall kann es vorkommen, daß  
sich aufgrund des variierenden elektrischen Widerstandes  
25 infolge der schlechten Kontaktierung ganz unterschiedliche  
Stromkurven ergeben. Dies ist in der Figur 2 für drei an  
sich gleiche Gegenstände gezeigt. Bei dem zweiten Gegen-  
stand, dessen Stromkurve mit 46 gezeichnet ist, wird  
infolge der schlechten Kontaktierung nur eine insgesamt  
30 geringere Stromstärke erreicht. Dadurch verläuft auch die  
kataphoretische Beschichtung langsamer. Der Rechner 34  
erfaßt nun laufend die Dickenzunahme der Beschichtung und  
schaltet die

35 Beschichtungsstromquelle 22 zu einem Zeitpunkt  $t_3$  kurz

- vor dem Ende der Taktzeit T ab, bei dem die inzwischen aufgebrauchte Lackschicht die gewünschte Dicke erreicht hat. Die Fläche 48 unter der Stromkurve 46 hat somit zumindest annähernd die gleiche Größe wie die Fläche 44
- 05 unter der oben bereits beschriebenen ersten Stromkurve 43. Bei noch schlechterer Kontaktierung ist die Taktzeit T zu kurz, so daß der Gegenstand ausgesondert und zu einem späteren Zeitpunkt nachbearbeitet werden muß.
- 10 Bei dem dritten Gegenstand, dessen Stromkurve mit 50 bezeichnet ist, ist hingegen angenommen, daß zwar die Kontaktierung genauso gut ist wie bei dem zuerst beschriebenen Gegenstand mit der Stromkurve 43. Hier ist aber angenommen, daß sich die Lackflüssigkeit 14 inzwischen
- 15 so verändert hat, daß die geladenen Pigmente und Bindemittelteilchen eine höhere Beweglichkeit haben, wodurch die Stromstärke nach dem Beginn der Tauchlackierung weniger schnell abnimmt. Der Rechner 34 schaltet deswegen die Beschichtungsstromquelle 22 früher ab, damit die Fläche
- 20 52 unter der Stromkurve 50 annähernd die gleiche Größe hat wie die Flächen 44 und 48.

- Die Anlage 10 kann auch mit einer Regelungseinrichtung versehen sein, die sicherstellt, daß die Fahrzeugkarosserie 28 zu Beginn der Tauchlackierung stets der gleichen Stromdichte ausgesetzt wird. Im einzelnen wird dabei die von der Beschichtungsstromquelle 22 erzeugte Spannung so eingestellt, daß sich unabhängig von der Fläche der Fahrzeugkarosserie 28 überall die gleiche lackspezifische Stromdichte ergibt. Die Einhaltung einer bestimmten lackspezifischen Stromdichte hat sich als zweckmäßig erwiesen, da unter diesen Voraussetzungen aufgebrauchte Lacke besonders gute Hafteigenschaften aufweisen und die Taktzeit unabhängig von der Größe der zu beschichtenden Fläche ist.



Bei der vorstehend beschriebenen Anlage 10 wird die Fahrzeugkarosserie 28 kataphoretisch beschichtet. Das vorstehend beschriebene Verfahren zur Schichtdicken-

05 messung ist selbstverständlich auch bei solchen Anlagen anwendbar, bei denen eine anaphoretische Beschichtung stattfindet. Hierzu sind lediglich die Polaritäten zu vertauschen und eine Lackflüssigkeit zu verwenden, bei der die Pigmente nicht positiv, sondern negativ geladen

10 sind.

Die Anlage 10 kann nicht nur wie vorstehend beschrieben getaktet, sondern auch durchlaufend betrieben werden. Ferner ist es möglich, mehrere gleichartige Werkstücke

15 gleichzeitig auf geeigneten Warenträgern in das Lacktauchbecken 12 einzuführen und die Dicken der auf den Werkstücken aufgetragenen Lackschicht in der vorstehend beschriebenen Weise zu bestimmen.

20

## Patentansprüche

=====

05

1. Verfahren zur Bestimmung der Dicke einer Lackschicht,  
die durch elektrophoretische Tauchlackierung auf  
einen Gegenstand (28) aufgebracht wird, wobei der Gegen-  
stand (28) zur Tauchlackierung in ein Lackflüssigkeit (4)  
10 enthaltendes Lacktauchbecken (12) eingetaucht und als  
Elektrode mit mindestens einer Gegenelektrode (16, 18)  
ein elektrisches Feld erzeugt,

dadurch gekennzeichnet, daß

15

die durch den Gegenstand (28) während der Tauchlackierung  
fließende elektrische Ladung sowie die der Lackflüssig-  
keit (14) ausgesetzte Oberfläche des Gegenstands (28)  
ermittelt und daraus die Dicke der Lackschicht bestimmt  
20 wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
daß zur Bestimmung der Ladung der während der Tauch-  
lackierung durch den Gegenstand (28) fließende elek-  
25 trische Strom gemessen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß die Oberfläche des Gegenstands (28)  
anhand des maximalen Einschaltstroms ( $J_{\max}$ ) bestimmt  
30 wird, der zu Beginn der Tauchlackierung durch den Gegen-  
stand (28) fließt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Lack-  
35 schicht unter Berücksichtigung der Temperatur der

Lackflüssigkeit (14) ermittelt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Lack-  
05 schicht unter Berücksichtigung des pH-Wertes der Lack-  
flüssigkeit (14) ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Lack-  
10 schicht unter Berücksichtigung der elektrischen Leit-  
fähigkeit der Lackflüssigkeit (14) ermittelt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Lack-  
15 schicht unter Berücksichtigung des Festkörpergehalts  
der Lackflüssigkeit (14) ermittelt wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Lack-  
20 schicht unter Berücksichtigung der Dichte der Lack-  
flüssigkeit (14) ermittelt wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Lack-  
25 schicht unter Berücksichtigung des Abstandes zwischen  
dem Gegenstand (28) und der mindestens einen Gegen-  
elektrode (16, 18) ermittelt wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
30 dadurch gekennzeichnet, daß die zwischen der Elek-  
trode (28) und der mindestens einen Gegenelektrode (16,  
18) anliegende Spannung derart geregelt wird, daß die  
Einschaltstromdichte bei Beginn der Tauchlackierung  
zumindest annähernd mit einem vorgegebenen Wert über-  
35 einstimmt.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der vorgegebene Wert von Parametern des Lacks abhängt.
- 05
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Tauchlackierung beendet wird, sobald die bestimmte Schichtdicke einen vorgebbaren Sollwert erreicht hat.
- 10
13. Anlage zur Bestimmung der Dicke einer Lackschicht, die durch elektrophoretische Tauchlackierung auf einen Gegenstand (28) aufgebracht wird, umfassend ein Lacktauchbecken (12) zur Aufnahme einer Lackflüssigkeit (14), in die der Gegenstand (28) eingetaucht werden kann, eine Spannungsquelle (22), deren einer Pol (24) mit dem Gegenstand (28) verbindbar ist und deren anderer Pol (20) mit mindestens einer in das Lacktauchbecken reichenden Gegenelektrode (16, 18) verbunden ist,
- 15
- 20
- dadurch gekennzeichnet, daß
- die Anlage Mittel (32) zur Bestimmung der durch den Gegenstand (28) während der Tauchlackierung fließenden elektrischen Ladung sowie einen Rechner (34) umfasst, der aus der Ladung und der der Lackflüssigkeit (14) ausgesetzten Oberfläche des Gegenstands (28) die Dicke der Lackschicht stimmt.
- 25
14. Anlage nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Bestimmung der Ladung einen Strommesser (32) umfassen.
- 30
15. Anlage nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Rechner (34) der maximale Ein-
- 35

schaltstrom ( $J_{\max}$ ) speicherbar ist, der zu Beginn der Tauchlackierung durch den Gegenstand (28) fließt.

16. Anlage nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet,  
05 daß der Rechner (34) aus dem maximalen Einschaltstrom ( $J_{\max}$ ) die der Lackflüssigkeit (14) ausgesetzte Oberfläche des Gegenstands (28) ermittelt.
17. Anlage nach einem der Ansprüche 13 bis 16, gekennzeichnet  
10 durch einen mit dem Rechner (34) verbundenen Temperatursensor (38) zur Bestimmung der Temperatur der Lackflüssigkeit (14).
18. Anlage nach einem der Ansprüche 13 bis 17, gekennzeichnet  
15 durch einen mit dem Rechner (34) verbundenen pH-Wert-Sensor (40) zur Messung des pH-Werts der Lackflüssigkeit (14).
19. Anlage nach einem der Ansprüche 13 bis 18, gekennzeichnet  
20 durch einen mit dem Rechner (34) verbundenen Leitfähigkeitssensor (42) zur Messung der Leitfähigkeit der Lackflüssigkeit (14).
20. Anlage nach einem der Ansprüche 13 bis 19, gekennzeichnet  
25 durch eine mit dem Rechner (34) verbundenen Sensor zur Bestimmung des Festkörpergehalts der Lackflüssigkeit (14).
21. Anlage nach einem der Ansprüche 13 bis 20, gekennzeichnet  
30 durch einen mit dem Rechner (34) verbundenen Dichtesensor zur Messung der Dichte der Lackflüssigkeit (14).
22. Anlage nach einem der Ansprüche 13 bis 21, dadurch  
35 gekennzeichnet, daß die Anlage eine Regelungsein-

richtung umfaßt, welche die zwischen der Elektrode (28)  
und der mindestens einen Gegenelektrode (16, 18) an-  
liegende Spannung derart regelt, daß die Einschaltstrom-  
dichte bei Beginn der Tauchlackierung einen vorgegebe-  
05 nen Wert hat.

23. Anlage nach einem der Ansprüche 13 bis 22, dadurch  
gekennzeichnet, daß die Anlage eine Steuerung um-  
faßt, welche die Tauchlackierung beendet, sobald die  
10 bestimmte Schichtdicke einen vorgebbaren Sollwert er-  
reicht hat.

## Zusammenfassung

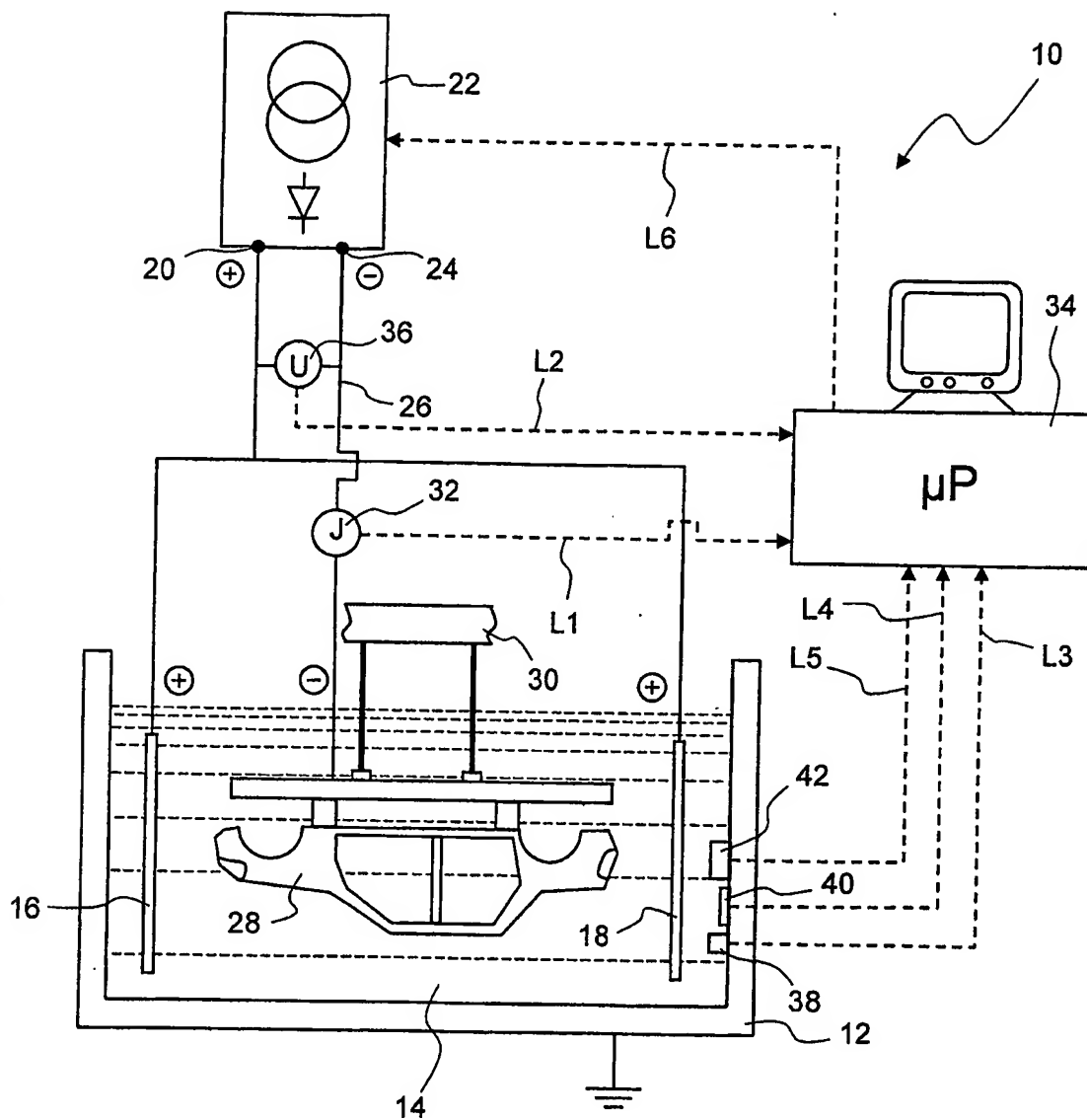
=====

05

Bei der elektrophoretischen Tauchlackierung von Gegenständen, z. B. Fahrzeugkarosserien (28), wird der zu lackierende Gegenstand (28) in eine Lackflüssigkeit (14) enthaltendes Lacktauchbecken (12) eingetaucht. Der Gegenstand (28) erzeugt dabei als Elektrode mit mindestens einer Gegenelektrode (16, 18) ein elektrisches Feld. Zur Bestimmung der Dicke der auf diese Weise aufgetragenen Lackschicht wird die durch den Gegenstand (28) während der Tauchlackierung fließende elektrische Ladung sowie die der Lackflüssigkeit ausgesetzte Oberfläche des Gegenstands (28) ermittelt und daraus die Dicke der Lackschicht bestimmt. Auf diese Weise kann die Dicke der Lackschicht bereits während der Tauchlackierung ermittelt werden, was zu einer Verringerung des Ausschusses führt.

20

(Figur 1)



**Fig. 1**

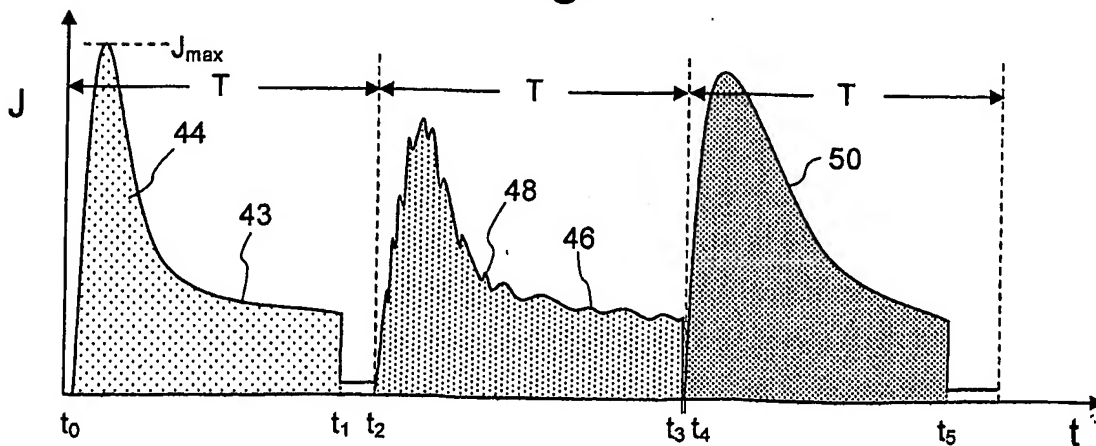


Fig. 2



From the INTERNATIONAL BUREAU

**PCT**NOTIFICATION CONCERNING  
SUBMISSION OR TRANSMITTAL  
OF PRIORITY DOCUMENT

(PCT Administrative Instructions, Section 411)

To:

OSTERTAG, Ulrich  
Ostertag & Partner  
Eibenweg 10  
70597 Stuttgart  
ALLEMAGNE

Date of mailing (day/month/year) 16 March 2005 (16.03.2005)	
Applicant's or agent's file reference 9625.3	IMPORTANT NOTIFICATION
International application No. PCT/EP04/013813	International filing date (day/month/year) 04 December 2004 (04.12.2004)
International publication date (day/month/year)	Priority date (day/month/year) 22 January 2004 (22.01.2004)
Applicant EISENMANN MASCHINENBAU GMBH & CO. KG et al	

- By means of this Form, which replaces any previously issued notification concerning submission or transmittal of priority documents, the applicant is hereby notified of the date of receipt by the International Bureau of the priority document(s) relating to all earlier application(s) whose priority is claimed. Unless otherwise indicated by the letters "NR", in the right-hand column or by an asterisk appearing next to a date of receipt, the priority document concerned was submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b).
- (If applicable)* The letters "NR" appearing in the right-hand column denote a priority document which, **on the date of mailing of this Form**, had not yet been received by the International Bureau under Rule 17.1(a) or (b). Where, under Rule 17.1(a), the priority document must be submitted by the applicant to the receiving Office or the International Bureau, but the applicant fails to submit the priority document within the applicable time limit under that Rule, **the attention of the applicant is directed** to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.
- (If applicable)* An asterisk (\*) appearing next to a date of receipt, in the right-hand column, denotes a priority document submitted or transmitted to the International Bureau but not in compliance with Rule 17.1(a) or (b) (the priority document was received after the time limit prescribed in Rule 17.1(a) or the request to prepare and transmit the priority document was submitted to the receiving Office after the applicable time limit under Rule 17.1(b)). Even though the priority document was not furnished in compliance with Rule 17.1(a) or (b), the International Bureau will nevertheless transmit a copy of the document to the designated Offices, for their consideration. In case such a copy is not accepted by the designated Office as the priority document, Rule 17.1(c) provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.

<u>Priority date</u>	<u>Priority application No.</u>	<u>Country or regional Office or PCT receiving Office</u>	<u>Date of receipt of priority document</u>
22 January 2004 (22.01.2004)	10 2004 003 456.7	DE	28 February 2005 (28.02.2005)

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland	Authorized officer  Zoltanski Andrzej
Facsimile No. +41 22 740 14 35	Facsimile No. +41 22 338 89 75 Telephone No. +41 22 338 8608